不同来源豆粕对大恒肉鸡的能量和氨基酸营养价值评定

张婵娟　王建萍　丁雪梅　曾秋凤　白世平　张克英*

（四川农业大学动物营养研究所，动物抗病营养教育部重点实验室，雅安 625014）

摘　要：本试验旨在运用真代谢能(TME)法，在适宜强饲基础上，评定不同来源豆粕对大恒肉鸡能量和氨基酸的营养价值。从四川省的饲料企业随机收集 12 个豆粕样品，评定代谢能和氨基酸真利用率（TAAA）。代谢能评定分 3 批次代谢试验，每批 48 只正常大恒肉公鸡，分为 6 个组，每组 8 个重复，每个重复 1 只鸡。TAAA 评定分 3 批次代谢试验，每批 36 只去盲肠鸡，分为 6 个组，每组 6 个重复，每个重复 1 只鸡。每批设 1 个内源组，批次之间设 10 d 恢复期。采用 TME 法测定，试验鸡饥饿 48 h，强饲 2%待测饲粮，收集 48 h 排泄物；内源组饥饿 48 h，收集 48 h 排泄物。结果显示：12 个豆粕干物质(DM)、粗蛋白质(CP)、中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)、粗纤维(CF)、粗脂肪(EE)、粗灰分(ash)含量和总能（GE）的平均值分别为 85.74%、52.81%、、13.61%、6.47%、6.67%、1.52%、6.63%和 19.790 MJ/kg；其中，NDF、CF 和 EE 的变异系数(CV)大于 15%。12 个豆粕氨基酸含量平均值为 0.56%~7.99%，CV 为 6.36%~10.94%；总必需氨基酸含量为 19.26%，CV 为 7.35%；总非必需氨基酸含量为 24.66%，CV 为 7.10%；总氨基酸含量为 43.92%，CV 为 7.18%。12 个豆粕表观代谢能(AME)、氮校正表观代谢能(AMEn)、真代谢能(TME)和氮校正真代谢能(TMEn)平均值分别为 12.523、12.933、12.795 和 12.339 MJ/kg，不同来源差异显著（P<0.05）；TAAA 平均值为 78.16%~94.38%，不同来源差异显著（P<0.05）。结果表明：1）12 个不同来源豆粕代谢能值存在差异，AME、AMEn、TME 和 TMEn 的平均值为 12.523、12.933、12.795 和 12.339 MJ/kg；2）不同来源的豆粕对于大恒肉鸡的 TAAA 存在差异，总必需氨基酸的真利用率平均值为 84.32%。

关键词：大恒肉鸡；豆粕；代谢能；氨基酸利用率

中图分类号：S831

随着生活水平的逐渐提高，人们对畜禽产品品质特别是风味品质的要求也随之提高，更多消费者青睐于优质的地方畜禽产品。大恒肉鸡便是由四川大恒家禽育种有限公司等培育的一种地方性黄羽肉鸡配套系。在饲料营养价值评定方面，McNab 等[1]提出的真代谢能（TME）法，具有快速测定、分析方法简便重复率高和准确评定单一原料等优点，且随着测定条件和用途等因素逐步改善，TME

收稿日期：2017–09–12

基金项目：四川省肉鸡产业链项目（2012NZ0037，2016NZ0003-02）

作者简介：张婵娟（1990—），女，山西运城人，硕士研究生，从事家禽营养研究。E-mail: zhangchanjuancjz@163.com

*通信作者：张克英，教授，博士生导师，E-mail: zkeying@sicau.edu.cn

法目前已被 30 多个国家广泛使用，并从原料代谢能扩展到营养成分的消化率等方面，进而延伸到氨基酸利用率测定[2]。而 Parsons[3]提出的在 TME 法基础上切除盲肠测定原料氨基酸真利用率（TAAA）的方法，使评定更具灵活性和实效性。对于不同的禽类，其消化道结构、生长速度和体型等方面的差异均会影响营养价值的评定[4-5]。赵佳[6]评定了 30 种不同来源玉米对于大恒肉鸡的代谢能，得到 30 种玉米对大恒肉鸡的表观代谢能（AME）为（14.624±0.469） MJ/kg，氮校正表观代谢能（AMEn）为（14.646±0.462）MJ/kg，TME 为（16.062±0.488）MJ/kg，氮校正真代谢能（TMEn）为（16.083±0.481）MJ/kg。但目前尚无关于豆粕对大恒肉鸡的营养价值评定方面的报道。因此，本试验拟评定不同来源豆粕对于大恒肉鸡的代谢能和 TAAA，在此基础上建立适合大恒肉鸡或其他优质地方肉鸡的评定方法，构建大恒肉鸡饲料数据库，为有效配制大恒肉鸡饲料和推动优质肉鸡产业链的发展提供数据支撑。

1 材料与方法

1.1 试验设计

大恒肉鸡适宜强饲量的设置：选用 40 只 18 周龄以上大恒肉公鸡进行强饲，分成 5 组，强饲量分别为鸡只体重的 0、1.0%、1.5%、2.0%和 2.5%。每组 8 个重复，每个重复 1 只鸡。每组强饲量为 0 的作为对照组，测定内源氮和能量的损失。

代谢能评定：分 3 批进行，每批选用 48 只正常健康的成年大恒肉公鸡，平均体重为 4 kg，随机分为 6 个组，其中 1 个为禁食对照组，1 个为玉米淀粉组，4 个为待测饲粮组。每组 8 个重复，每个重复 1 只鸡。玉米淀粉代谢能测定是直接强饲，重复测定 3 次。

TAAA 评定：分 3 批进行，每批选取正常健康的去盲肠大恒肉公鸡 36 只，随机分为 6 组，其中 1 个为禁食对照组，5 个为待测饲粮组。每组 6 个重复，每个重复 1 只鸡。

1.2 试验饲粮

饲粮参照 NRC（1994）配制，其中确定大恒肉鸡适宜强饲量的饲粮为基础饲粮；测定代谢能和 TAAA 的饲粮为待测饲粮，粗蛋白质（CP）含量用玉米淀粉将豆粕稀释到 17%。饲粮组成及营养水平见表 1。12 个豆粕采样于四川省的饲料企业，采样信息见表 2。

表 1 饲粮组成及营养水平（干物质基础）

Table 1 Composition and nutrient levels of the diets (DM basis) %

项目 Items	含量 Content	
	基础饲粮 Basal diet	待测饲粮 Test diet
原料 Ingredients		

玉米 Corn	67.67	
玉米淀粉 Corn starch		58.36
豆粕 Soybean meal	26.53	38.08
碳酸钙 $CaCO_3$	0.94	0.94
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.66	1.66
食盐 NaCl	0.35	0.35
胆碱 Choline chloride	0.08	0.08
L–赖氨酸盐酸盐 *L*-Lys•HCl	0.01	
DL–蛋氨酸 *DL*-Met	0.09	
苏氨酸 Thr	0.07	
多维 Multi-vitamin[1)]	0.03	0.03
豆油 Soya oil	2.07	
矿物质预混料 Mineral premix[2)]	0.50	0.50
合计 Total	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[3)]		
粗蛋白质 CP	17.00	17.00
代谢能 ME/（MJ/kg）	12.47	11.51
粗脂肪 EE	4.83	0.84
粗纤维 CF	2.65	3.91
钙 Ca	1.00	1.02
有效磷 AP	0.40	0.35
赖氨酸 Lys	0.87	1.02
蛋氨酸 Met	0.35	0.47
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.62	0.22
苏氨酸 Thr	0.72	0.65

[1)] 多维为每千克饲粮提供 The multi-vitamin provided the following per kg of diets：VA 10 000 IU，VD_3 2 000 IU，VE 30 IU，VK_3 3 mg，VB_1 4 mg，VB_2 8 mg，VB_6 4 mg，VB_{12} 0.02 mg，烟酸 nicotinic acid 50 mg，泛酸钙 calcium pantothenate 13 mg，叶酸 folic acid 1 mg。

[2)] 矿物质预混料为每千克饲粮提供 Mineral premix provided the following per kg of diets：Cu ($CuSO_4$•$5H_2O$) 8 mg，

Fe ($FeSO_4$•H_2O) 80 mg，Mn ($MnSO_4$•H_2O) 80 mg，Zn ($ZnSO_4$•H_2O) 100 mg，Se (Na_2SeO_4) 0.3 mg，I (KI) 0.4 mg。

3)营养水平为计算值。Nutrient levels were calculated values.

表 2　豆粕采样信息

Table2　Sampling information of soybean meal

豆粕编号 Soybean meal No.	产地 Producing area	加工方式 Processing method
1	四川广汉	二浸带皮
2	宁波宏泰	一浸去皮
3	山东日照	一浸带皮
4	山东烟台	一浸带皮
5	重庆	二浸带皮
6	四川德阳	二浸带皮
7	山东日照中纺	一浸带皮
8	河北三河	二浸去皮
9	江苏南通	一浸去皮
10	四川彭山	一浸去皮
11	上海	一浸去皮
12	天津	一浸带皮

1.3　代谢试验

试验在四川农业大学动物营养研究所科研试验基地进行。代谢鸡只依照 McNab 等[1]的 TME 法进行强饲：泄殖腔缝合集粪瓶盖后适应 1 周的时间，对代谢鸡只称重，记录重量。禁食 48 h 后，进行强饲，旋上集粪袋，记录时间，收集 48 h 排泄物。强饲使用的是内直径为 8 mm、长为 26 cm 的不锈钢管，在其顶端融合为漏斗样式，通过食道把食物输入嗉囊，饲料采用过 40 目粉碎机粉碎而成。每只鸡单笼（长 30 cm×宽 57 cm×高 50 cm）饲养，自由饮水，光照为 16 h。

去盲肠方法：依据 Poppema 等[7]提出的方法进行，术前试验鸡饥饿 24 h，拔掉腹部龙骨至泄殖腔 10 cm×5 cm 左右范围的鸡毛，消毒后麻醉。用手术刀下划约 4 cm 的长度，在十二指肠下方位置找出盲肠，使用标准缝合线缝合并剪断盲肠，收缩切除端后用沙布清洗腹腔内血水及血凝块，注入青霉素，依次缝合腹膜、腹肌，最后缝合皮肤。手术后试验鸡进行 6 周恢复期。

全收粪法收集排泄物按照 Adeola 等[8]的方法，在强饲后 4、8、16、32 和 48 h 时，分别换取新的集粪袋。待收集完毕后，将每只鸡 48 h 的排泄物均匀混在一起，先在 65 ℃烘箱烘干 72 h，再在

空气中回潮 24 h。称重，记录，粉粹过 40 目，－20 ℃保存，用于粪样成分测定。

1.4 测定指标及方法

1.4.1 体重

禁食前记录鸡正常体重为强饲前体重，收集 48 h 排泄物后，记录体重为强饲后体重。体重损失为强饲前后体重之差。

1.4.2 饲粮和排泄物氮含量及能量

氮含量测定用福斯全自动蛋白质测定仪 Kjeltec 8400。能量依据氧弹式量热法测定，仪器为 Parr 1281 自动绝热式热量计：

食入饲粮的总能=饲粮能量×食入饲粮总量；

排泄物的总能=排泄物能量×排泄物总量。

1.4.3 氮沉积

鸡氮沉积参照呙于明[9]的公式：

内源氮沉积量（ERN_0）=–禁食鸡排泄物氮；

$$RN_1=\frac{\text{食入饲粮总氮}-\text{排泄物氮}}{\text{食入饲粮干物质的质量}};$$

$$RN_2=\frac{\text{食入饲粮总氮}-\text{排泄物氮}+\text{内源排泄物氮}}{\text{食入饲粮干物质的质量}}。$$

式中：RN_1 表示家禽每摄入 1 kg 饲粮干物质沉积的氮量；RN_2 表示家禽每摄入 1 kg 饲粮干物质去除内源部分真正沉积的氮量。

1.4.4 豆粕营养成分

豆粕中干物质、CP、粗纤维(CF)、中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)、粗脂肪(EE)和粗灰分(ash)含量的测定方法参照张丽英[10]的方法。

1.4.5 饲粮代谢能

饲粮代谢能计算方法参照 Adeola 等[8]，以重复为单位计算内源能损失（EEL）、AME、AMEn、TME 和 TMEn，以干物质为基础，计算公式：

EEL=禁食鸡排泄物总能；

$$AME=\frac{\text{食入饲粮总能}-\text{排泄物总能}}{\text{食入饲粮干物质的质量}};$$

$$\text{豆粕 }AME=\frac{\text{饲粮 }AME-\text{饲粮中玉米淀粉含量}\times\text{玉米淀粉 }AME}{\text{饲粮中豆粕含量}};$$

$$AMEn=AME-RN_1\times 34.39;$$

$$\text{TME}=\frac{\text{食入饲粮总能}-\text{排泄物总能}+\text{内源总能排出量}}{\text{食入饲粮干物质的质量}};$$

$$\text{豆粕 TME}=\frac{\text{饲粮 TME}-\text{饲粮中玉米淀粉含量}\times\text{玉米淀粉 TME}}{\text{饲粮中豆粕含量}};$$

$$\text{TMEn}=\text{TME}-\text{RN}_2\times 34.39。$$

式中，34.39 为在鸡上每克尿氮的产热量，单位为 MJ/kg；

$$\text{能量利用率}=\frac{\text{排泄物总能}}{\text{食入饲粮总能}}\times 100。$$

1.4.6　氨基酸含量

运用高效液相色谱法采用全自动氨基酸分析仪（日立 L–8900）测定饲粮样品或粪中 CP 水解后氨基酸的含量，含硫氨基酸含量单独测定。

1.4.7　豆粕 TAAA

依照 Likuski 等[11]的计算公式：

$$\text{TAAA}=\frac{[\text{食入饲粮氨基酸总量}-(\text{排泄物氨基酸总量}-\text{内源氨基酸总量})]}{\text{食入饲粮氨基酸总量}}\times 100;$$

式中：食入饲粮氨基酸总量=饲粮干物质总量×饲粮中氨基酸含量；排泄物氨基酸总量=排泄物干物质总量×排泄物中氨基酸含量。

因为混合饲粮中的豆粕是单一提供蛋白质的原料，所以豆粕 TAAA 等于饲粮 TAAA。

1.5　数据统计与分析

数据按照单因素完全随机设计分析(one-way ANOVA 和 LSD 法)，运用 SAS 9.3 中的 ANOVA 模块统计，差异显著用 Duncan 氏法进行多重比较。$P<0.05$ 表示差异显著。

2　结果与分析

2.1　不同强饲量对大恒肉鸡代谢体重损失和氮沉积的影响

本试验在一定的绝食排空条件下，研究不同强饲量对大恒肉鸡的体重损失、氮平衡、代谢能和能量利用率的影响。整个试验中鸡只没有出现呛料和呕吐等不良反应，强饲 2.5%难度较大。表 3 结果显示，各组体重损失和氮沉积差异显著（$P<0.05$）。强饲前，肉鸡处于饥饿状态，所以随着强饲量的增加，肉鸡体重损失和氮沉积减少，且各强饲组与对照组相比差异显著（$P<0.05$）。随着强饲量的增加，氮沉积的绝对值有降低的趋势。本试验中 ERN_0 为－0.541 g/kg BW，略高于赵佳[6]用禁食法测定成年大恒肉鸡的 ERN_0 平均值（－0.609 g/kg BW），而与 Askbran[12]测定值 0.29~0.36 g/kg BW 差异较大，可能是与其他试验的内源对照组饲喂葡萄糖和淀粉有关。

表 3　不同强饲量对大恒肉鸡代谢体重损失和氮沉积的影响（干物质基础）

Table 3　Effects of different feed input on metabolic weight loss and nitrogen deposition of *Daheng* broilers (DM basis)

强饲量 Feed input/%	体重 Body weight/kg	体重损失 Weight loss/kg	氮沉积 1 RN_1/(g/kg)	氮沉积 2 RN_2/(g/kg)
0	4.194±0.012[d]	0.290±0.018[a]		
1.0	4.682±0.062[a]	0.201±0.010[b]	-0.015±0.003[b]	0.039±0.003[a]
1.5	4.474±0.015[b]	0.218±0.014[b]	-0.007±0.002[a]	0.029±0.002[b]
2.0	4.367±0.009[c]	0.210±0.022[b]	-0.009±0.003[b]	0.019±0.003[c]
2.5	4.268±0.009[d]	0.191±0.010[b]	-0.004±0.002[a]	0.015±0.005[c]
平均值 Mean	4.401±0.077	0.219±0.043	-0.009±0.007	0.025±0.007
P 值 *P*-value	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

同列数据肩标相同小写字母或无字母表示差异不显著(P＞0.05)，不同小写字母表示差异显著(P＜0.05)。表 4、表 5、表 6、表 7 和表 8 同。

In the same column, values with the same small letter or no letter superscripts mean no significant difference (P＞0.05), while with different small letter superscripts mean significant difference (P＜0.05). The same as Table 4, Table 5, Table 6, Table 7 and Table 8.

2.2　不同强饲量对大恒肉鸡代谢能和能量利用率的影响

试验中禁食组作为对照组，测定的 EEL 为 24.941 MJ/kg BW，基本等同于赵佳[6]测定成年大恒肉鸡的 EEL 平均值 24.878 MJ/kg BW，而低于 Askbran[12]测定值 29.748～31.380 MJ/kg BW，其测定鸡为 2.9～4.9 kg 的罗得岛红鸡，品种和鸡的年龄等可能会与本试验产生差异。Ren 等[13]测得黄羽肉鸡 EEL 为 25.355～27.070 MJ/kg BW，本试验结果与之基本一致。

由表 4 可知，基础饲粮的 AME 和 AMEn 随着强饲量的增加呈升高的趋势，但各个组间差异不显著（P>0.05），而 TME 和 TMEn 随着强饲量的增加而显著降低（P<0.05）。各组的能量利用率差异不显著（P>0.05），随着强饲量的增加有增大的趋势。

本试验中强饲量不同，TME 和 TMEn 在各组间差异显著（P<0.05），与 Sibbald[5]所提出的假设不一致，可能由于 EEL 和氮沉积的数值在采食鸡和禁食鸡上不同所引起。强饲 1.5%和 2.0%组的 AME、AMEn、TME 和 TMEn 差异不显著（P>0.05），说明此时能量利用率达到稳定状态，且强饲 2.5%组的 TMEn 与强饲 2.0%组差异都不显著（P>0.05），说明 2.0%强饲水平饲粮充分代谢。研究报道，评定肉骨粉和鱼粉的 TME，当收集排泄物时间由 24 h 延长到 48 h 时，其 TME 值有稍微降低，而苜蓿的排泄物收集时间延长到 48 h 时，TME 值显著下降，说明肉骨粉和鱼粉可以在 24 h 排空，苜蓿排空时间为 48 h[14]。禁食鸡通过嗉囊强饲的饲粮的排空时间取决于强饲的量以及强饲饲粮在胃中的储

藏消化过程，富含 NDF 的饲料的排空时间要高于含 NDF 较低的饲料[15]。虽然降低强饲量能降低其排空的时间，但是会增加平均数的标准误，影响测定的 TME 法的精确度。前人报道研究成年单冠白来航肉鸡时，强饲量由 10 g 增加到 30 g 时，标准误下降[5]。观察本试验可以得到：强饲 2.0%的代谢能值的标准误是低于其他组的。总体表明，大恒肉鸡上强饲体重的 2.0%为适宜水平。

表 4　不同强饲量对大恒肉鸡代谢能和能量利用率的影响（干物质基础）

Table 4　Effects of different feed input on metabolic energy and energy utilization of *Daheng* broilers (DM basis)

强饲量 Feed input/%	表观代谢能 AME/(MJ/kg)	氮校正表观代谢能 AMEn/(MJ/kg)	真代谢能 TME/(MJ/kg)	氮校正真代谢能 TMEn/(MJ/kg)	能量利用率 Energy utilization/%
1.0	13.636±0.293	14.163±0.209	16.866±0.280[a]	15.531±0.205[a]	70.882±1.343
1.5	13.945±0.218	14.192±0.159	16.121±0.218[b]	15.113±0.159[ab]	71.592±1.258
2.0	14.008±0.117	14.297±0.126	15.640±0.117[bc]	14.991±0.126[b]	71.580±0.607
2.5	14.134±0.138	14.263±0.096	15.280±0.285[c]	14.749±0.142[b]	72.295±0.832
平均值 Mean	13.937±0.131	14.230±0.099	15.958±0.156	15.083±0.143	71.587±0.039
P 值 *P*-value	0.37	0.92	<0.05	<0.05	0.83

2.3　豆粕营养成分

由表 5 可知，12 个豆粕的干物质、CP、NDF、ADF、CF、EE 和 ash 含量和总能平均值分别为 85.74%、52.81%、13.61%、6.47%、6.67%、1.52%和 6.63%以及 19.790 MJ/kg。NDF、CF 和 EE 的变异系数（CV）大于 15%，以 EE 为最大。总能变化范围为 19.414~20.041 MJ/kg，CV 值最低，为 0.82。豆粕 3 的 CF 含量（4.78%）低于其他豆粕。豆粕 1 的总能（19.414 MJ/kg）和 EE（1.10%）含量低于其他豆粕。EE 的最高值（豆粕 9，2.46%）和最低值（豆粕 1，1.10%）相差 1.36 百分点。豆粕 5 和豆粕 6 的 CP、EE 含量和 GE 较低，而 NDF、ADF 和 CF 含量较高；而豆粕 7、9 和 10 的 CP、EE 含量和 GE 值较高，NDF、ADF 和 CF 的含量都较低。

表 5　豆粕营养成分（干物质基础）

Table 5　Nutrient composition of soybean meal (DM basis)

样　　品 Samples	干物质 DM/%	粗蛋白质 CP/%	总能 GE/（MJ/kg）	中性洗涤纤维 NDF/%	酸性洗涤纤维 ADF/%	粗纤维 CF/%	粗脂肪 EE/%	粗灰分 Ash/

								%
1	86.61	50.76	19.414	17.49	7.26	9.14	1.10	6.48
2	86.63	54.30	19.707	11.80	5.79	5.30	1.37	6.72
3	84.91	51.22	19.707	11.06	5.96	4.78	1.33	6.82
4	86.82	52.26	19.707	14.34	6.22	7.69	1.38	6.33
5	86.80	50.62	19.707	16.72	6.79	9.61	1.43	6.27
6	87.02	50.93	19.665	18.24	8.52	8.81	1.13	6.64
7	86.51	54.83	19.874	10.84	5.69	5.31	1.11	6.68
8	84.83	50.91	19.958	13.50	6.33	6.81	2.29	6.30
9	84.80	55.02	20.041	10.92	5.70	5.01	2.46	6.84
10	84.48	56.66	19.874	10.80	5.87	4.96	1.55	6.90
11	84.68	53.80	19.832	12.19	6.03	5.47	1.65	6.91
12	84.82	52.35	19.790	15.36	7.44	7.04	1.43	6.62
平均值 Mean	85.74±1.05	52.81±2.05	19.790±0.04	13.61±2.77	6.47±0.86	6.67±1.78	1.52±0.44	6.63±0.93
变异系数 CV/%	1.22	3.88	0.82	20.36	13.54	26.76	28.66	3.50

2.4　豆粕代谢能

由表 6 可知，3 个批次的 48 h ERN_0 分别为－0.468、－0.408 和－0.402 g/kg BW，48 h EEL 分别为 26.229、19.853 和 20.456 MJ/kg BW，差异均不显著（P>0.05）。由表 7 可知，3 个批次重复的试验测定的玉米淀粉的 AME、AMEn、TME 和 TMEn 平均值分别为 14.393、15.251、16.372 和 16.108 MJ/kg。由表 8 可知，12 个豆粕的 AME、AMEn、TME 和 TMEn 的平均值为 12.523、12.933、12.795 和 12.339 MJ/kg，变化范围分别为：11.439~14.305 MJ/kg、11.916~14.790 MJ/kg、11.422~14.410 MJ/kg 和 11.221~14.042 MJ/kg，不同品种的豆粕之间差异显著（P<0.05）。AME、AMEn、TME 和 TMEn 有同样的变化趋势。豆粕 8 和豆粕 9 的代谢能高于其他豆粕，豆粕 2 的 AMEn 低于其他豆粕，而豆粕 6 的 AME、TME 和 TMEn 低于其他豆粕。

表 6　内源氮沉积和内源能损失

Table 6　The ERN_0 and EEL in different batches

批次	48 h 内源氮沉积量	48 h 内源能损失量

Batches	48 h ERN_0/（g/kg BW）	48 h EEL/（MJ/kg BW）
1	-0.468±0.034	26.229±2.213
2	-0.408±0.048	19.853±1.644
3	-0.402±0.025	20.456±2.188
平均值 Mean	-0.426±0.009	22.179 ±2.259
P 值 *P*-value	0.40	0.08

表 7　玉米淀粉代谢能（干物质基础）

Table 7　Metabolizable energy of corn starch (DM basis)　　MJ/kg

批次 Batches	表观代谢能 AME	氮校正表观代谢能 AMEn	真代谢能 TME	氮校正真代谢能 TMEn
1	14.510±0.225	15.447±0.159	16.669±0.251	16.477±0.159
2	14.213±0.351	14.991±0.331	16.071±0.343	15.732±0.331
3	14.443±0.285	15.297±0.264	16.376±0.285	16.117±0.264
平均值 Mean	14.393±0.369	15.251±0.256	16.372±0.310	16.108±0.682
P 值 *P*-value	0.78	0.51	0.42	0.20

表 8　豆粕代谢能（干物质基础）

Table8　Metabolizable energy of soybean meal (DM basis)　　MJ/kg

样品 Samples	表观代谢能 AME	氮校正表观代谢能 AMEn	真代谢能 TME	氮校正真代谢能 TMEn
1	11.598±0.477^{bc}	11.987±0.418^{b}	12.565±0.477^{bc}	12.042±0.423^{bc}
2	11.577±0.469^{bc}	11.916±0.490^{b}	12.535±0.469^{bc}	11.962±0.490^{bc}
3	12.489±0.439^{bc}	12.887±0.439^{b}	13.439±0.0.439^{ab}	12.899±0.435^{ab}
4	12.033±0.347^{bc}	12.426±0.322^{b}	12.025±0.347^{bc}	11.477±0.326^{bc}
5	12.565±1.004^{bc}	12.828±0.916^{b}	12.565±1.004^{bc}	12.004±0.925^{bc}
6	11.439±0.305^{c}	12.088±0.226^{b}	11.422±0.310^{c}	11.221±0.230^{c}
7	12.565±0.0.368^{bc}	13.008±0.314^{b}	12.699±0.368^{bc}	12.276±0.318^{bc}
8	14.305±0.602^{a}	14.790±0.577^{a}	14.410±0.602^{a}	14.042±0.577^{a}
9	14.293±1.013^{a}	14.619±0.933^{a}	14.359±1.013^{a}	13.866±0.941^{a}
10	12.012±0.314^{bc}	12.573±0.335^{b}	12.100±0.314^{bc}	11.803±0.331^{bc}
11	13.192±0.335^{ab}	13.489±0.301^{ab}	13.272±0.335^{ab}	12.740±0.305^{abc}
12	12.753±0.280^{abc}	13.075±0.218^{b}	12.837±0.280^{abc}	12.322±0.226^{bc}

平均值 Mean	12.523±0.343	12.933±0.318	12.795±0.343	12.339±0.320
P 值 *P*-value	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

2.5 豆粕氨基酸含量

由表 9 可知，12 个豆粕的 17 种氨基酸含量的 CV 变化范围为 6.36%~10.94%，以甘氨酸（Gly）的 CV 最小为 6.36%，脯氨酸（Pro）的 CV 最大为 10.94%。17 种氨基酸含量平均值的变化范围为 0.56%~7.99%。除蛋氨酸（Met）、Gly、半胱氨酸（Cys）和 Pro 外，其余 13 种氨基酸含量变化基本一致，豆粕 8 的氨基酸含量最低，豆粕 9 的含量最高。对于 Met、Gly 和 Cys 3 种氨基酸含量，豆粕 11 含量最高，豆粕 3 含量最低；豆粕 8 Pro 的含量也是最低，豆粕 10 的含量最高，稍高于豆粕 9。

2.6 豆粕 TAAA

由表 10 可知，12 个豆粕的 17 种氨基酸精氨酸（Arg）、组氨酸（His）、异亮氨酸（Ile）、亮氨酸（Leu）、赖氨酸（Lys）、Met、苯丙氨酸（Phe）、苏氨酸（Thr）、缬氨酸（Val）、丙氨酸（Ala）、天冬氨酸（Asp）、Cys、谷氨酸（Glu）、Pro、丝氨酸（Ser）、酪氨酸（Tyr）和 Gly 真利用率的均值依次为 94.38%、84.76%、85.75%、87.56%、89.13%、78.16%、89.27%、82.93%、84.04%、79.04%、84.50%、81.85%、88.52%、87.22%、86.61%、89.17%和 80.30%，且不同样品间 TAAA 差异显著（$P<0.05$）。除 Met、Gly、Cys、Pro 和 Ser 外，豆粕 9 的 TAAA 均高于其他豆粕。除 Met、Gly、Cys 和 Ser 外，豆粕 1 的 TAAA 均低于其他豆粕。豆粕 2 的 Gly 和 Ser 的真利用率值均低于其他豆粕，此外豆粕 8 的 Arg、His、Leu、Phe、Ala 和 Tyr 以及豆粕 3 的 Ile、Lys 和 Val 的真利用率是除豆粕 9 外均高于其他豆粕。反之，豆粕 2 的 Thr、Ala、Glu、Pro 和 Tyr 以及豆粕 5 的 Arg、His、Leu、Phe 和 Gly 的真利用率是除豆粕 1 外低于其他豆粕。

表 9　豆粕氨基酸含量（干物质基础）

Table 9　Amino acid contents of soybean meal (DM basis)　　%

项　目 Items	样品 Samples												平均值 Mean	变异系数 CV
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
必需氨基酸 EAA														
精氨酸 Arg	3.03	3.14	3.30	3.33	3.02	2.96	3.43	2.80	3.63	3.58	2.97	3.30	3.21±0.26	8.16
组氨酸 His	1.12	1.15	1.23	1.24	1.13	1.11	1.24	1.06	1.32	1.30	1.10	1.26	1.19±0.09	7.26
异亮氨酸 Ile	1.76	1.77	1.89	1.93	1.76	1.79	1.96	1.62	2.04	2.03	1.70	1.98	1.85±0.14	7.41
亮氨酸 Leu	3.23	3.23	3.45	3.48	3.20	3.24	3.58	3.01	3.80	3.75	3.16	3.56	3.39±0.25	7.34
赖氨酸 Lys	2.79	2.69	3.07	3.04	2.79	2.72	3.06	2.63	3.27	3.18	2.74	3.12	2.93±0.22	7.50
蛋氨酸 Met	0.55	0.56	0.50	0.56	0.50	0.53	0.59	0.57	0.59	0.60	0.61	0.60	0.56±0.04	6.70
苯丙氨酸 Phe	2.20	2.19	2.30	2.38	2.19	2.18	2.41	2.01	2.60	2.54	2.14	2.42	2.30±0.18	7.64

苏氨酸 Thr	1.76	1.75	1.93	1.89	1.75	1.74	1.96	1.65	2.06	2.07	1.74	1.91	1.85±0.14	7.44
缬氨酸 Val	1.89	1.87	2.05	2.07	1.87	1.89	2.10	1.75	2.21	2.18	1.82	2.13	1.99±0.13	7.76
总必需氨基酸 Total EAA	18.34	18.35	19.71	19.92	18.22	18.15	20.32	17.09	21.50	21.25	17.99	20.27	19.26±1.42	7.35
非必需氨基酸 NEAA														
丙氨酸 Ala	2.07	2.08	2.24	2.24	2.09	2.06	2.30	1.95	2.45	2.42	1.99	2.32	2.18±0.17	7.62
天冬氨酸 Asp	4.90	4.91	5.17	5.26	4.86	4.85	5.43	4.53	5.75	5.69	4.81	5.29	5.12±0.37	7.32
半胱氨酸 Cys	0.64	0.66	0.57	0.68	0.58	0.63	0.68	0.67	0.67	0.70	0.72	0.71	0.66±0.05	7.16
谷氨酸 Glu	7.55	7.55	8.05	8.04	7.61	7.68	8.57	7.11	9.08	8.94	7.52	8.18	7.99±0.61	7.63
脯氨酸 Pro	2.46	2.74	3.13	2.72	2.48	2.46	2.86	2.33	2.94	3.27	2.45	2.62	2.71±0.29	10.94

丝氨酸 Ser	2.33	2.31	2.43	2.47	2.29	2.28	2.53	2.13	2.70	2.68	2.24	2.47	2.41±0.17	7.24
酪氨酸 Tyr	1.50	1.54	1.60	1.63	1.53	1.54	1.74	1.43	1.83	1.82	1.44	1.71	1.61±0.14	8.58
甘氨酸 Gly	1.99	1.98	1.69	2.00	1.80	1.95	2.07	1.99	2.04	2.10	2.11	2.10	1.99±0.13	6.36
总非必需氨基酸 Total NEAA	23.44	23.77	24.89	25.03	23.24	23.45	26.18	22.14	27.47	27.61	23.27	25.40	24.66±1.75	7.10
总氨基酸 Total AA	41.78	42.12	44.60	44.95	41.46	41.60	46.50	39.23	48.97	48.86	41.26	45.66	43.92±3.15	7.18

同行数据肩标相同小写字母或无字母表示差异不显著(P>0.05)，不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。表 10 同。

In the same row, values with the same small letter or no letter superscripts mean no significant difference (P>0.05), while with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05). The same as Table 10.

表 10　不同豆粕的 TAAA（干物质基础）

Table 10　TAAA of different soybean meals (DM basis)　%

项目 Items	样品 Samples												平均值	*P* 值
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Mean	*P*-value
必需氨基酸 EAA														
精氨酸 Arg	92.21±0.46^{e}	93.87±0.76^{bcde}	94.69±0.52^{abcd}	95.39±0.42^{abc}	92.87±0.68^{e}	93.44±0.57^{de}	94.92±0.52^{abcd}	95.57±0.43^{ab}	96.26±0.50^{a}	94.67±0.57^{abcd}	93.73±0.44^{cde}	94.93±0.43^{abcd}	94.38±1.31	<0.05
组氨酸 His	73.67±2.61^{e}	76.60±2.06^{e}	85.66±1.26^{cd}	82.10±2.31^{d}	81.19±2.04^{d}	83.00±1.36^{d}	82.06±1.01^{d}	90.75±0.59^{ab}	92.93±1.36^{a}	90.69±0.92^{ab}	87.78±0.82^{bc}	90.19±1.28^{abc}	84.76±3.68	<0.05
异亮氨酸 Ile	70.10±2.37^{d}	86.39±1.73^{abc}	90.79±1.52^{a}	88.56±2.37^{ab}	83.79±1.43^{bc}	82.68±0.96^{c}	86.06±1.46^{bc}	87.96±0.32^{ab}	90.99±1.10^{a}	87.88±1.25^{ab}	85.00±1.00^{bc}	87.09±0.93^{abc}	85.75±3.44	<0.05
亮氨酸 Leu	81.42±0.73^{e}	86.03±1.20^{cd}	89.77±1.08^{ab}	87.89±2.11^{bcd}	85.27±0.95^{d}	86.77±0.60^{bcd}	87.34±1.29^{bcd}	90.21±0.32^{ab}	91.93±1.08^{a}	89.06±1.02^{abc}	86.15±0.79^{cd}	88.18±0.74^{bcd}	87.56±2.54	<0.05
赖氨酸 Lys	84.66±1.34^{e}	87.85±0.88^{d}	91.45±0.80^{ab}	90.57±0.90^{abc}	87.71±0.70^{d}	87.26±0.58^{d}	89.56±0.56^{bcd}	91.31±0.22^{ab}	92.04±0.68^{a}	90.19±0.62^{abc}	87.78±0.58^{d}	88.43±0.86^{cd}	89.13±1.76	<0.05
蛋氨酸 Met	64.37±3.04^{de}	69.51±4.72^{cde}	74.60±5.38^{bcde}	62.41±6.95^{e}	76.32±7.40^{abcde}	87.15±5.40^{ab}	92.55±4.75^{a}	74.10±6.03^{bcde}	82.59±2.36^{abc}	88.46±5.71^{ab}	80.54±1.25^{abcd}	81.45±0.44^{abc}	78.16±12.08	<0.05
苯丙氨酸 Phe	85.30±0.86^{g}	87.95±0.99^{defg}	90.45±0.83^{bcd}	89.97±1.19^{bcde}	86.78±0.89^{fg}	87.27±0.68^{efg}	88.05±1.06^{defg}	91.75±0.39^{ab}	93.60±0.92^{a}	90.92±0.86^{bc}	88.75±0.74^{cdef}	90.27±0.71^{bcd}	89.27±2.07	<0.05

项目 Items	样品 Samples												平均值	P 值
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Mean	*P*-value
苏氨酸 Thr	75.04±1.13^{e}	75.86±1.76^{e}	81.54±0.91^{cd}	85.59±1.12^{abc}	79.69±2.78^{de}	83.57±1.10^{bcd}	83.52±1.15^{bcd}	84.99±2.01^{abc}	88.86±0.70^{a}	86.31±1.88^{abc}	82.92±1.57^{bcd}	88.11±0.82^{ab}	82.93±3.78	<0.05
缬氨酸 Val	72.83±3.95^{f}	85.44±1.79^{abcd}	88.73±1.89^{ab}	87.40±2.15^{abc}	82.34±0.99^{cde}	78.76±1.11^{e}	84.10±1.32^{abcd}	87.03±0.62^{abcd}	89.25±0.68^{a}	85.49±1.34^{abcd}	81.98±0.82^{de}	83.76±1.12^{bcde}	84.04±3.88	<0.05
总必需氨基酸 Total EAA	77.424±1.171^{f}	82.78±1.16^{de}	86.32±0.88^{bc}	85.13±1.04^{bcd}	81.08±1.27^{e}	81.90±0.79^{e}	83.69±0.94^{cde}	86.57±0.61^{abc}	89.34±0.80^{a}	86.89±1.02^{ab}	83.22±0.75^{de}	85.76±0.67^{bcd}	84.32±2.25	<0.05
非必需氨基酸 NEAA														
丙氨酸 Ala	69.42±4.38^{e}	72.25±3.49^{de}	80.96±2.55^{abc}	78.95±3.83^{bcd}	76.86±1.45^{cd}	76.79±0.56^{cd}	77.80±1.93^{bcd}	84.58±1.34^{ab}	87.51±0.86^{a}	83.55±1.26^{abc}	77.84±1.13^{bcd}	81.09±0.95^{abc}	79.04±5.34	<0.05
天冬氨酸 Asp	79.18±0.91^{e}	81.45±1.10^{cde}	86.23±0.84^{ab}	86.63±1.19^{ab}	83.43±1.59^{bcd}	83.94±1.06^{bc}	85.62±1.49^{bc}	86.62±2.04ab	89.91±1.48^{a}	85.84±1.00^{ab}	83.34±1.13^{bcd}	79.75±1.11^{de}	84.50±3.14	<0.05
半胱氨酸 Cys	78.99±2.06^{bcd}	79.23±2.05^{bcd}	86.03±0.66^{ab}	84.79±1.38^{ab}	84.86±2.25^{ab}	86.64±1.72^{a}	89.14±1.54^{a}	84.76±1.52ab	83.35±0.66^{abc}	77.46±3.41^{cd}	70.46±3.71^{e}	73.77±3.46^{de}	81.85±5.28	<0.05
谷氨酸 Glu	83.49±0.77^{d}	85.72±1.35^{cd}	90.07±0.92^{ab}	90.21±0.83^{ab}	86.61±1.48^{bcd}	87.28±0.94^{bc}	87.84±1.78^{bc}	90.20±0.52^{ab}	92.92±0.82^{a}	89.92±0.97^{ab}	87.97±1.25^{bc}	89.84±0.42^{ab}	88.52±2.67	<0.05
脯氨酸 Pro	79.44±1.83^{b}	82.51±1.47^{b}	89.97±1.12^{a}	90.32±0.84^{a}	82.57±2.22^{b}	86.77±1.18^{a}	87.45±1.36^{a}	88.45±0.76^{a}	90.13±1.87^{a}	90.66±1.12^{a}	89.06±0.68^{a}	89.27±0.69^{a}	87.22±3.29	<0.05

项目 Items	样品 Samples												平均值	*P* 值
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Mean	*P*-value
丝氨酸 Ser	82.96±1.16^{de}	80.13±1.98^{e}	83.68±1.01^{cde}	87.96±0.81^{abc}	83.95±1.88^{bcde}	87.28±0.92^{abcd}	88.45±0.98^{ab}	88.11±0.77^{abc}	89.35±2.63^{a}	90.22±1.30^{a}	88.21±1.00^{abc}	89.66±0.62^{a}	86.61±3.43	<0.05
酪氨酸 Tyr	85.24±0.91^{e}	86.35±1.79^{de}	90.99±0.79^{abc}	88.77±1.98^{cd}	86.37±0.60^{de}	86.81±0.82^{de}	88.30±1.39^{cde}	92.61±0.80^{ab}	94.09±0.76^{a}	91.28±0.68^{abc}	89.81±0.55^{bcd}	88.42±1.01^{cde}	89.17±2.57	<0.05
甘氨酸 Gly	78.43±1.56^{cd}	77.29±2.29^{d}	85.52±0.39^{a}	84.39±0.93^{ab}	77.41±2.15^{d}	79.83±1.53^{bcd}	83.22±1.02^{abc}	78.54±0.49^{cd}	80.32±0.93^{bcd}	80.06±1.70^{bcd}	78.38±1.73^{cd}	80.71±1.93^{bcd}	80.30±3.59	<0.05
总非必需氨基酸 Total NEAA	76.768±1.281^{f}	78.34±1.41^{ef}	83.87±0.87^{bc}	83.75±0.99^{bc}	79.48±1.57^{def}	81.02±0.82^{cde}	82.23±1.36^{bcd}	84.28±0.69^{abc}	87.39±0.74^{a}	84.86±1.06^{ab}	81.35±0.938^{bcde}	82.72±0.61^{bcd}	82.29±2.58	<0.05
总氨基酸 Total AA	76.728±1.212^{f}	80.01±1.27^{e}	84.66±0.85^{bc}	84.05±0.98^{bcd}	79.89±1.43^{e}	81.11±0.80^{de}	82.58±1.15^{bcde}	84.96±0.64^{ab}	87.99±0.73^{a}	85.48±1.00^{ab}	81.81±0.82^{cde}	83.78±0.64^{bcd}	82.88±2.38	<0.05

3 讨 论

3.1 不同来源豆粕能量营养价值

本试验豆粕营养成分测定值与 Dale 等[16]以及 NRC（1994）公布的数据相一致。本试验 EE 的 CV 最大（28.66%），这主要与豆粕压榨或浸出油脂的方式有关。豆粕总能的 CV 最小，说明总能并不随单一营养成分的高低而变化，是受多种因素影响的。De Coca-Sinova 等[17]测定的 6 种来自南美和美国的不同地区豆粕的干物质、CP、NDF、EE 和 ash 含量及总能分别为 88.93%、47.20%、9.02%、1.52%和 6.17%及 19.790 MJ/kg，稍低于本试验的结果，可能由于豆粕产地、品种、加工和储藏条件不同导致。

本试验中，豆粕 2 的 AMEn 和豆粕 6 的 AME、TME 和 TMEn 均低于其他豆粕，可能是由于豆粕 2 和豆粕 6 的 NDF、ADF 和 CF 含量较高，EE 含量和总能较低。对于代谢能比较高的豆粕 8 和豆粕 9，其总能和 EE 含量高于其他豆粕，而且 NDF 和 ADF 的含量均低于平均值，这与 Baker[18]的结果一致。Coon 等[19]测定不同低聚糖含量的豆粕的代谢能，正常豆粕（CP 含量为 46.1%）和不含低聚糖豆粕（CP 含量为 64.4%）TMEn 分别为 11.690 和 14.092 MJ/kg。Baker 等[20]用 TME 法，强饲前禁食 24 h 后，强饲 30 g 的单一的豆粕，收集 48 h 排泄物测定，而本试验禁食 48 h，强饲对应体重 2.0%的饲粮，得到白羽单冠肉鸡的 TMEn 在高蛋白、低聚糖以及传统豆粕的代谢能值分别为 12.987、12.485 和 12.397 MJ/kg，与之略有差异，可能是由于试验条件和豆粕的加工方式不同所导致的。

3.2 不同来源豆粕氨基酸营养价值

De Coca-Sinova 等[17]评定了来自阿根廷、巴西、西班牙和美国的不同来源豆粕的氨基酸时，结果表示，粗蛋白质含量较高的豆粕的含硫氨基酸及氨基酸利用率均高于其他豆粕。Chen 等[21]测定传统豆粕和低聚糖豆粕的氨基酸含量，报道可能由于低聚糖豆粕的粗蛋白质含量高，使氨基酸含量也都高于传统豆粕。本试验豆粕 9 和豆粕 10 的大部分氨基酸含量高于其他豆粕，这可能与其粗蛋白质含量和加工是否去皮有关。不同豆粕氨基酸含量存在差异，与之前报道的不同来源豆粕 Lys 含量为 2.09%~3.04%和 2.87%~3.20%范围基本一致[17，22]。

Dozier 等[23]总结不同研究测定的豆粕的氨基酸利用率范围为 82%~93%。本试验中 Met（78.16%）、Gly（80.30%）、Ala（79.04%）、Cys（81.85%）和 Arg（94.38%）与其有一定差异。豆粕 9 大部分 TAAA 高于其他豆粕，结合营养成分，其总能（20.041 MJ/kg）和 EE 含量（2.46%）最高，NDF 含量（10.92%）除高于豆粕 10（10.80%）和豆粕 7（10.84%）外则最低。豆粕 1 的

TAAA 低于大部分豆粕，总能（19.414 MJ/kg）和 EE 含量（1.10%）最低，NDF 除低于豆粕 6（18.24%）外高于其他豆粕。豆粕 9 的加工工艺为一浸去皮，豆粕 1 的加工工艺为二浸带皮，表明 TAAA 与加工工艺密切相关。此外，此结果与前人报道的豆粕氨基酸利用率与 NDF 含量呈显著负相关[24]的结果一致。本试验 Met（78.16%）的真利用率明显低于 Baker 等[18]和贾刚等[25]的测定值 93.15%，其余 TAAA 也略低，这可能与试验测定原料和排泄物中氨基酸含量测定方法不一致有关。

4 结 论

① 运用排空强饲法（TME 法），禁食 48 h+排泄物收集 48 h，强饲量为体重 2%，可以准确评定成年大恒肉鸡饲粮的代谢能和 TAAA。

② 12 个不同来源豆粕营养成分差异很大，以 EE、CF、NDF 和 ADF 的 CV 最大，干物质、CP、总能和 ash 的差异不明显。

③ 12 个不同来源豆粕对于大恒肉鸡的 AME、AMEn、TME、TMEn 的平均值为 12.523、12.933、12.795 和 12.339 MJ/kg，不同来源差异显著；TAAA 平均值：Arg、His、Ile、Leu、Lys、Met、Phe、Thr、Val、Ala、Asp、Cys、Glu、Pro、Ser、Tyr 和 Gly 的真利用率的平均值依次为 94.38%、84.76%、85.75%、87.56%、89.13%、78.16%、89.27%、82.93%、84.04%、79.04%、84.50%、81.85%、88.52%、87.22%、86.61%、89.17%和 80.30%，不同来源差异显著（$P<0.05$）。总必需氨基酸的 TAAA 平均值为 84.32%，总非必需氨基酸的 TAAA 平均值为 82.29%，总氨基酸的 TAAA 平均值为 82.88%。

参考文献：

[1] MCNAB J M,BLAIR J C.Modified assay for true and apparent metabolisable energy based on tube feeding[J].British Poultry Science,1988,29(4):697–707.

[2] DUDLEY-CASH W A.A landmark contribution to poultry science—a bioassay for true metabolizable energy in feedingstuffs[J].Poultry Science,2009,88(4):832–834.

[3] PARSONS C M.Determination of digestible and available amino acids in meat meal using conventional and caecectomized cockerels or chick growth assays[J].British Journal of Nutrition,1986,56(1):227–240.

[4] SIREGAR A P,FARRELL D J.A comparison of the energy and nitrogen metabolism of fed ducklings and chickens[J].British Poultry Science,1980,21(3):213–227.

[5] SIBBALD I R.The effect of level of feed input on true metabolizable energy values[J].Poultry Science,1977,56(5):1662–1663.

[6] 赵佳.优质肉鸡的玉米代谢能评定及近红外预测模型的构建[D].硕士学位论文.雅安:四川农业

大学,2014.

[7] POPPEMA T F,DUKE G E.The effectiveness of ligating or detaching ceca as an alternative to cecectomy[J].Poultry Science,1992,71(8):1384–1390.

[8] ADEOLA O,RAGLAND D,KING D.Feeding and excreta collection techniques in metabolizable energy assays for ducks[J].Poultry Science,1997,76(5):728–732.

[9] 呙于明.家禽营养[M].2 版.北京:中国农业大学出版社,2004:403–404.

[10] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[M].2 版.中国农业大学出版社,2003:48–135.

[11] LIKUSKI H J A,DORRELL H G.A bioassay for rapid determinations of amino acid availability values[J].Poultry Science,1978,57(6):1658–1660.

[12] ASKBRANT S U S.Metabolisable energy content of rapeseed meal,soyabean meal and white-flowered peas determined with laying hens and adult cockerels[J].British Poultry Science,1988,29(3):445–455.

[13] REN L Q,TAN H Z,ZHAO F,et al.Using corn starch as basal diet to determine the true metabolizable energy of protein feedstuffs in Chinese Yellow chickens[J].Poultry Science,2012,91(6):1394–1399.

[14] 丁耿芝.鸡内源能的估测方法与影响因素[J].饲料博览,2011(4):16–17.

[15] SIBBALD I R.Effects of level of feed input,dilution of test material,and duration of excreta collection on true metabolizable energy values[J].Poultry Science,1979,58(5):1325–1329.

[16] DALE N M,FULLER H L.Repeatability of true metabolizable energy versus nitrogen corrected true metabolizable energy values[J].Poultry Science,1986,65(2):352–354.

[17] DE COCA-SINOVA A,VALENCIA D G,JIMÉNEZ-MORENO E,et al.Apparent ileal digestibility of energy,nitrogen,and amino acids of soybean meals of different origin in broilers[J].Poultry Science,2008,87(12):2613–2623.

[18] BAKER K M.Nutritional value of high-protein and low oligosaccharide varieties of soybeans fed to pigs and poultry[D].Master Thesis.Urbana:University of Illinois at Urbana-Champaign,2009.

[19] COON C N,LESKE K L,AKAVANICHAN O,et al.Effect of oligosaccharide-free soybean meal on true metabolizable energy and fiber digestion in adult roosters[J].Poultry Science,1990,69(5):787–793.

[20] BAKER K M,UTTERBACK P L,PARSONS C M,et al.Nutritional value of soybean meal produced from conventional,high-protein,or low-oligosaccharide varieties of soybeans and fed to

broiler chicks[J].Poultry Science,2011,90(2):390–395.

[21] CHEN X,PARSONS C M,BAJJALIEH N.Nutritional evaluation of new reduced oligosaccharide soybean meal in poultry[J].Poultry Science,2013,92(7):1830–1836.

[22] VAN KEMPEN T A T G,KIM I B,JANSMAN A J M,et al.Regional and processor variation in the ileal digestible amino acid content of soybean meals measured in growing swine[J].Journal of Animal Science,2002,80(2):429–439.

[23] DOZIER W A,HESS J B.Soybean meal quality and analytical techniques[M].Rijeka:Intech Open Access Publisher,2011.

[24] VAN KEMPEN T A T G,SIMMINS P H.Near-infrared reflectance spectroscopy in precision feed formulation[J].The Journal of Applied Poultry Research,1997,6(4):471–477.

[25] 贾刚,王康宁,黄兰.畜禽可消化氨基酸的测定及应用中应注意的问题[J].湖北农业科学,2010,49(8):2020–2023.

Nutritional Evaluation of Energy and Amino Acid in Different Source Soybean Meals for *Daheng* Broilers

ZHANG Chanjuan WANG Jianping DING Xuemei ZENG Qiufeng BAI Shiping ZHANG Keying*

(*Key Laboratory for Animal Disease-Resistance Nutrition of China Ministry of Education, Institute of Animal Nutrition, Sichuan Agricultural University, Ya'an,* 625014*, China*)

Abstract: This experiment was conducted to evaluate the energy and amino acid nutritional value of different source soybean meals based on the appropriate amount of feed by force-feeding with true metabolizable energy (TME) assay for *Daheng* broilers. A total of 12 soybean meals were collected from representative feed company in *Sichuan* province, to evaluate the metabolizable energy and true amino acid availability (TAAA). The metabolic energy evaluation was divided into 3 batches, and in each batch, 48 conventional *Daheng* broilers were randomly assigned to 6 groups with 8 replicates each and 1 chicken in each replicate. The TAAA evaluation was divided into 3 batches, and in each batch, 36 caecectomized broilers were randomly assigned to 6 groups with 6 replicates each and 1 chicken in each replicate. An endogenous group and 10-day recovery in each batch were set up. In the TME assay, the test broilers were fasted for 48 h before the soybean meals were forced feeding, and the 48 h excreta was collected. The endogenous group was continued to fast and collected the excreta for 48 h. The results showed that the average contents of dry matter (DM), crude protein (CP), neutral detergent fiber

(NDF), acid detergent fiber (ADF), crude fibre (CF), ether extract (EE) and ash as well as the mean of gross energy (GE) in 12 soybean meals were 85.74%, 52.81%, 13.61%, 6.47%, 6.67%, 1.52%, 6.63% and 19.790 MJ/kg, respectively. The coefficient of variation (CV) of NDF, CF and EE were greater than 15%. The average amino acid content and CV of 12 soybean meals were ranged from 0.56% to 7.99% and from 6.36% to 10.94%. The contents and CV of total essential amino acids, total non-essential amino acids, and total amino acids were 19.26% and 7.35%, 24.66% and 7.10%, 43.92% and 7.18%, respectively. The means of apparent metabolizable energy (AME), nitrogen corrected apparent metabolizable energy (AMEn), TME and nitrogen corrected true metabolizable energy (TMEn) of 12 soybean meal samples were 12.523, 12.933, 12.795 and 12.339 MJ/kg, respectively. Significant differences were observed in metabolic energy of different source soybean meals (P<0.05). The means of TAAA in 12 soybean meals were 78.16% to 94.38% and there were significant differences among different sources (P<0.05). It is concluded that: 1) the metabolizable energy of 12 different source soybean meals are varied in *Daheng* broliers, and the means of AME, AMEn, TME and TMEn are 12.523, 12.933, 12.795 and 12.339 MJ/kg, respectively. 2) The TAAA of different source soybean meals are varied in *Daheng* broliers. The mean of TAAA in total essential amino acids is 84.32%.

Key words: *Daheng* broilers; soybean meal; metabolizable energy; amino acid availability

---

*Corresponding author, professor, E-mail: zkeying@sicau.edu.cn （责任编辑　田艳明）